



LES RENCONTRES SCIENTIFIQUES
— COLAS —

Les Rencontres Scientifiques Colas

« Prévoir le climat »

25 janvier 2005

avec Jean-Claude ANDRE, Directeur du Centre Européen de Recherche et Formation
Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS)

et Philippe COURTIER, Directeur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC)

Il est aujourd'hui possible d'établir des prévisions météorologiques fiables à quelques jours. La prédiction climatique à moyen et longs termes reste en revanche un exercice ardu. La capacité à prédire le climat est pourtant un enjeu de taille face aux conséquences importantes des catastrophes climatiques ou aux craintes suscitées par le problème de l'effet de serre, pour ne retenir que ces deux exemples emblématiques.

Il s'agit donc de s'interroger sur les « verrous » qu'il convient de faire sauter pour atteindre cet objectif ambitieux en examinant de plus près la fiabilité des méthodes de prédiction climatique dont nous disposons aujourd'hui.

Intervention de Monsieur Jean-Claude André

Il existe tout d'abord une différence de taille entre la météorologie qui indique le temps qu'il fera à court terme dans un espace donné et le climat. Aujourd'hui les prévisions sont établies pour des échéances de plus en plus lointaines mais qui ne dépassent pas 10 jours. Au-delà, on ne peut effectuer de prévisions météorologiques en raison de « l'effet papillon ». Il s'agit d'une image, employée par le météorologue Edward Lorenz, pour signifier que l'atmosphère est si sensible que le moindre battement d'aile de papillon en un point de la terre suffirait à la perturber. Au-delà de 10 jours, il est en effet impossible de prédire la météorologie car deux situations très proches peuvent totalement diverger.

A l'opposé de la météorologie, la climatologie s'intéresse au temps sur des intervalles de temps très importants. On va ainsi pouvoir prédire des tendances à très long terme car le climat est une moyenne du temps météorologique.

Les meilleurs résultats sont établis au moyen d'un modèle de prévision d'ensemble à l'instar du modèle initié par Vitart en 2004. L'effet de l'atmosphère est une composante rapide d'un système où interviennent des composantes beaucoup plus lentes du climat (océan, humidité de surface continentale). La clé de prévisions saisonnières résiderait donc dans le couplage entre ces deux composantes, lente et rapide du climat. Néanmoins, ce type de prévision se vérifie avant tout là où le signal inter-saisonnier est fort (exemple de la zone concernée par El Nino), beaucoup moins dans des zones moins marquées par l'alternance saisonnière et notamment l'Europe.

Cela explique d'ailleurs la surprise de la canicule de l'été 2003 qu'aucune prévision saisonnière n'annonçait. Cette canicule fait figure d'anomalie climatique qu'il était impossible de prévoir en l'état actuel des connaissances. Il est d'ailleurs significatif de constater que les prévisions en mai annonçaient plutôt un été chaud quand les prévisions établies en juin, donc plus proches du début de la canicule, annonçaient plutôt un été frais.

Mais alors, s'il est déjà difficile aujourd'hui de prévoir des phénomènes climatiques à trois mois, comment ne pas mettre en doute la fiabilité des prévisions pour le siècle prochain ? Il faut en fait, en l'état actuel des connaissances, considérer que nous sommes en mesure de déterminer des grandes tendances pour le siècle à venir à partir des observations réalisées sur les 30 ou 40 dernières années. Il est en revanche impossible pour l'instant de prévoir les années marquées par de fortes anomalies climatiques telles qu'un été caniculaire, un hiver trop rigoureux ou encore des précipitations anormales (sécheresse, inondations...).

Jean-Claude André aborde ensuite la question de l'effet de serre. Une première démarche consiste à tirer profit des enseignements de la paléoclimatologie, au moyen de l'analyse des carottes glaciaires extraites en Antarctique. Il en ressort une corrélation très forte entre l'évolution des concentrations des deux principaux gaz à effet de serre (CO₂ et méthane) et l'évolution de la température en Antarctique sur les 500 000 dernières années, et ce en dehors de toute activité humaine d'ampleur (du moins jusqu'au début du 19^{ème} siècle). Ce couplage permet d'établir des prévisions sur les températures en fonction de l'évolution de la concentration de ces gaz dans les années à venir.

Il convient alors de s'intéresser à l'effet de serre d'origine anthropique, c'est-à-dire lié à l'activité humaine (rejets industriels, pollution automobile, etc...). Quelle est l'évolution de la concentration des gaz à effet de serre ? Depuis 1800, on constate une croissance de l'ordre de 30% du CO₂, la concentration de méthane a été multipliée par 1,33 et l'oxyde nitreux a connu dans le même intervalle de temps une croissance de 15% environ. Plusieurs scénarii sont envisagés concernant l'évolution de la concentration du CO₂ au XXI^{ème} siècle. Tous ces

scenarii montrent une augmentation significative de la concentration de CO₂ d'au moins 50% entre 2004 et 2100 et, dans le cas le plus pessimiste, cette concentration serait quasiment doublée.

On a pu établir pour le XXI^{ème} siècle un modèle de prévision climatique très fiable concernant l'évolution des températures, à partir des observations réalisées entre 1850 et 2000. Le modèle montrerait une augmentation de 3°C de la température globale d'ici 2100. Quel sera l'impact de ce changement climatique en France ? A sa lecture, on constate que toutes les saisons seront marquées par une hausse des températures d'ici la fin du 21^{ème} siècle, s'échelonnant de +1 à +3°C en hiver à +3 à +4°C en été. En 2100, la température estivale en France serait ainsi en moyenne de 24°C contre 20°C aujourd'hui. Il est par ailleurs fort probable que la plupart des régions françaises, hormis la Bretagne et certains massifs des Alpes, connaîtront dans le dernier quart de siècle des températures estivales maximales supérieures à 35 °C.

Les projections montrent également que, même en cas de réduction des émissions de gaz à effet de serre, les températures continueront d'augmenter, et le niveau de la mer à s'élever avec la fonte des glaces. Il y a donc une forte inertie et l'augmentation des températures apparaît donc pour les siècles à venir comme un phénomène irréversible.

Quoi qu'il en soit, afin de produire le modèle le plus proche possible des observations, il est indispensable d'effectuer un couplage des facteurs naturel et anthropique. On atteint ainsi un bien meilleur résultat par rapport à la prise en compte de l'un ou l'autre de ces deux facteurs.

Intervention de Monsieur Philippe Courtier

Il y a un facteur important dont on n'a pas encore parlé jusqu'ici : le « forçage astronomique », c'est-à-dire l'influence de l'orbite terrestre sur l'évolution climatique. Le changement d'orbite terrestre qui a permis l'existence de la vie sur Terre est un facteur essentiel qui induit de fait des modifications importantes du climat en dehors de toute influence de l'activité humaine. Or, on constate, sur les 450 000 dernières années, une alternance de cycles de baisse et de remontée des températures. L'amplitude thermique liée à l'alternance de ces cycles s'échelonne ainsi entre -9°C et $+3^{\circ}\text{C}$. La hausse ou la baisse des températures observées sur le globe ne s'explique donc pas uniquement, loin s'en faut, du seul fait de l'activité humaine.

Concernant la période à venir, nous serions seulement au début d'une longue ascension, à la fois des températures et surtout de la concentration de CO_2 . L'évolution de la consommation énergétique aura certainement un impact considérable sur cette concentration en CO_2 dès lors que le sud-est asiatique, notamment, « s'éclairera ».

Au moins pouvons-nous, en matière météorologique, nous appuyer désormais sur des prédictions de plus en plus fiables. Ainsi, alors qu'en 1980 on est capable de prédire la météo à deux jours avec 90% de succès, en 2002 on obtient le même pourcentage de réussite pour une prévision à trois jours. Pourquoi de tels progrès ? Cela s'explique d'une part par une meilleure compréhension de l'atmosphère, d'autre part par les progrès importants accomplis dans le domaine du calcul haute performance et des télécommunications, de plus en plus performants, et enfin par le progrès des observations.

Il reste encore beaucoup à faire pour améliorer le système et déclencher, le cas échéant, des alertes avec une précision et des détails accrus. Ainsi, dans le cas des inondations du Gard en 2002, on a certes manqué de précision pour délimiter la zone concernée par les intempéries ; on a, en revanche, su prédire leur intensité.

A l'échelle mondiale, le système de prévision s'améliore également grâce aux codes élaborés en collaboration. Ainsi, Aladin est un modèle de prévision numérique élaboré par Météo-France en collaboration avec 14 nations partenaires et déployé quotidiennement sur la zone Europe.